

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-52339

(43)公開日 平成11年(1999) 2月26日

(51)Int.Cl.<sup>8</sup>

G 0 2 F 1/1333

識別記号

F I

G 0 2 F 1/1333

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 9 頁)

(21)出願番号 特願平9-204811

(22)出願日 平成9年(1997) 7月30日

(71)出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号

(72)発明者 平林 克彦

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本

電信電話株式会社内

(72)発明者 松元 史朗

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本

電信電話株式会社内

(74)代理人 弁理士 秋田 収喜

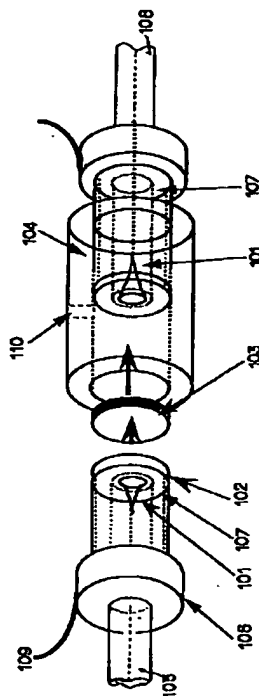
(54)【発明の名称】 可変光減衰器およびその製造方法

(57)【要約】

【課題】 高分子分散型液晶を使用して、素子作成上の制約を少なくでき、かつ寿命を長くすることが可能な可変光減衰器を提供する。

【解決手段】 液晶粒を高分子内に分散させた高分子分散型液晶層(103)と、前記高分子分散型液晶層を挟んで設けられる電極(102)とコアとクラッドとからなり光を閉じ込めて伝搬させる部品(101)とを備え、前記電極に電圧を印加して前記高分子分散型液晶層の透過率を変化させる。前記光を伝搬させる部品は、前記高分子分散型液晶層と対向する側の先端部のコアが拡大されており、前記電極は、前記光を伝搬させる部品の前記高分子分散型液晶層と対向する側の先端、あるいは側面部に形成された透明電極である。

図 1



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 液晶粒を高分子内に分散させた高分子分散型液晶層と、前記高分子分散型液晶層を挟んで設けられる電極と、前記高分子分散型液晶層を挟んで設けられるコアとクラッドとからなり光を閉じ込めて伝搬させる部品とを備え、前記電極に電圧を印加して前記高分子分散型液晶層の透過率を変化させることを特徴とする可変光減衰器。

【請求項2】 前記光を伝搬させる部品は、前記高分子分散型液晶層と対向する側の先端部のコアが拡大されていることを特徴とする請求項1に記載された可変光減衰器。

【請求項3】 前記電極は、前記光を伝搬させる部品の前記高分子分散型液晶層と対向する側の先端、あるいは側面部に形成された透明電極であることを特徴とする請求項1または請求項2に記載された可変光減衰器。

【請求項4】 前記高分子分散型液晶層は、フィルム状の高分子分散型液晶層であり、前記電極は、前記フィルム状の高分子分散型液晶層の両面に形成された透明電極であることを特徴とする請求項1または請求項2に記載された可変光減衰器。

【請求項5】 前記高分子分散型液晶層は、一对の透明基板間に挟まれており、前記電極は、前記一对の透明基板上に形成された透明電極であり、さらに、前記光を伝搬させる部品の前記高分子分散型液晶層と対向する側の先端に設けられるレンズまたはマイクロレンズアレイを備えることを特徴とする請求項1に記載された可変光減衰器。

【請求項6】 前記光を伝搬させる部品は、光ファイバ、またはファイバアレイ、あるいは光導波路であることを特徴とする請求項1ないし請求項5のいずれか1項に記載された可変光減衰器。

【請求項7】 液晶粒を高分子内に分散させた高分子分散型液晶層と、前記高分子分散型液晶層を挟んで設けられる光ファイバ、あるいはファイバアレイと、前記光ファイバ、あるいはファイバアレイが設置されるV溝付き基板と、前記V溝付き基板の前記高分子分散型液晶層と対向する面に、ファイバを挟むように形成された一对の電極とを備え、前記一对の電極に電圧を印加して前記高分子分散型液晶層の透過率を変化させることを特徴とする可変光減衰器。

【請求項8】 液晶粒を高分子内に分散させた高分子分散型液晶層と、前記高分子分散型液晶層を挟んで設けられる光導波路と、前記光導波路が形成される光導波路基板の前記高分子分散型液晶層と対向する面に、光導波路を挟むように形成された一对の電極とを備え、前記一对の電極に電圧を印加して前記高分子分散型液晶層の透過率を変化させることを特徴とする可変光減衰器。

【請求項9】 前記光ファイバ、またはファイバアレイ、あるいは光導波路は、前記高分子分散型液晶層と対

向する側の先端部のコアが拡大されていることを特徴とする請求項7または請求項8に記載された可変光減衰器。

【請求項10】 コアの一部が拡大されている、コアとクラッドとからなり光を閉じ込めて伝搬させる部品の、当該コア拡大部分を略垂直に切断する工程と、当該切断部に、両面に透明電極が形成されたフィルム状の高分子分散型液晶層を挿入する工程とを備えることを特徴とする可変光減衰器の製造方法。

【請求項11】 前記光を伝搬させる部品は、光ファイバ、またはファイバアレイ、あるいは光導波路であることを特徴とする請求項10に記載された可変光減衰器の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、可変光減衰器およびその製造方法に係わり、特に、光ファイバあるいは光ファイバアレイ中の光の強度を調整する可変光減衰器に適用して有効な技術に関する。

## 【0002】

【従来の技術】光ファイバによる光通信は大容量の情報を高速に伝送することができるために、最近急速に実用化されつつある。従来、光ファイバによる光通信は、光ファイバの両端に送信機と受信機が繋がれた単純な1:1の通信が中心であった。しかし、近年光スイッチの技術が進化したため、光を電気信号に変換することなく、光を光のままで切り替える光クロスコネクタが実用化されるようになった。

【0003】光クロスコネクタでは、多数の光ファイバの光信号の経路をそれぞれ異なる経路に切り替える。このため、多チャンネル光スイッチが光クロスコネクタに用いられる。多チャンネル光スイッチでは、スイッチングすることにより、光のパスの長さが変化し、また、通過する光スイッチ部が変化することにより、通過減衰量（ロス）が変化する。

【0004】即ち、例え、入力側に等強度の光が入力したとしても、出力側からの出力光の強度にばらつきが生じる。また、スイッチングにより、同じ出力端子でも出力光の強度が変化するという欠点がある。

【0005】このため、光信号の切り替えに対応して、その出力光の強度を一定に保つように調整する可変光減衰器が必要になる。また、多端子である場合には、アレイ構成の可変光減衰器が必要になる。

【0006】従来の可変光減衰器は、ガラス基板上にその透過率が変化するように薄膜を蒸着したものをメカニカルに回転または平行移動して調整するものが用いられている。しかし、メカニカル部品を用いているため、小型化できず、またシングルモードコリメートファイバを対向させるため、そのアライメントに労力を要するという欠点があった。

【0007】そのため、光透過率が変化する液晶層をファイバで挟んだ構造の可変光減衰器が多数提案されている。この可変光減衰器には、ネマチック液晶あるいはコレステリック液晶が使用される。ネマチック液晶を使用する可変光減衰器は、ネマチック液晶層に電流を流しその配向を乱すことにより光を散乱させる（動的散乱効果と呼ばれる）ものであり、また、コレステリック液晶を使用する可変光減衰器は、コレステリック液晶が電圧が印加されない時にフォーカルコニック組織をとって光を散乱し、電圧が印加された時にホメオトロピック配向となつて透明になる原理を使用するものである。

【0008】これら、ネマチック液晶あるいはコレステリック液晶をファイバで挟んだ構造の光減衰器は、例えば、特開昭51-140641号「光ファイバ可変減衰器」、特開昭51-88043号「光減衰器」、特開昭52-92537号「光ファイバ用可変減衰器」、特開昭52-155554号「光学可変抵抗器」、特開昭53-78853号「光量制御素子」、特開昭57-27234号「光制御素子」等に記載されている。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、前記ネマチック液晶を使用する可変光減衰器は、液晶研究の初期によく用いられたものであるが、液晶に電流を流すことにより、液晶が劣化するという問題点があり、現在ではほとんど用いられていない。

【0010】また、コレステリック液晶を使用する可変光減衰器も、やはり寿命の問題があり、現在ではほとんど用いられていない。

【0011】さらに、これらネマチック液晶あるいはコレステリック液晶は液体であり、配向膜を塗布し、ラビング処理を施す必要があるためガラス層で挟む必要があり、液晶素子作製において制約があるという問題点があった。

【0012】なお、ファイバ自体で挟む構造も提案されているが、通常のファイバを採用しているため、通過減衰量（ロス）が大きいという問題点があった。

【0013】本発明は、前記従来技術の問題点を解決するためになされたものであり、本発明の目的は、可変光減衰器およびその製造方法において、高分子分散型液晶を使用して、液晶素子作成上の制約を少なくでき、かつ寿命を長くすることが可能となる技術を提供することにある。

【0014】また、本発明の他の目的は、可変光減衰器およびその製造方法において、通過減衰量を少なくすることが可能となる技術を提供することにある。

【0015】本発明の前記ならびにその他の目的と新規な特徴は、本明細書の記述及び添付図面によって明らかにする。

【0016】

【課題を解決するための手段】本願において開示される

発明のうち、代表的なものの概要を簡単に説明すれば、下記の通りである。

【0017】可変光減衰器において、液晶粒を高分子内に分散させた高分子分散型液晶層と、前記高分子分散型液晶層を挟んで設けられる電極と、前記高分子分散型液晶層を挟んで設けられるコアとクラッドとからなり光を閉じ込めて伝搬させる部品とを備え、前記電極に電圧を印加して前記高分子分散型液晶層の透過率を変化させることを特徴とする。

10 【0018】前記光を伝搬させる部品は、前記高分子分散型液晶層と対向する側の先端部のコアが拡大されていることを特徴とする。

【0019】前記電極は、前記光を伝搬させる部品の前記高分子分散型液晶層と対向する側の先端、あるいは側面部に形成された透明電極であることを特徴とする。

【0020】前記高分子分散型液晶層は、フィルム状の高分子分散型液晶層であり、前記電極は、前記フィルム状の高分子分散型液晶層の両面に形成された透明電極であることを特徴とする。

20 【0021】可変光減衰器の製造方法において、コアの一部が拡大されている、コアとクラッドとからなり光を閉じ込めて伝搬させる部品の、当該コア拡大部分を略垂直に切断する工程と、当該切断部に、両面に透明電極が形成されたフィルム状の高分子分散型液晶層を挿入する工程とを備えることを特徴とする。

【0022】即ち、本発明は、従来の液体の液晶層の代わりに、高分子分散型液晶層を用い、当該高分子分散型液晶層を光ファイバ、またはファイバアレイ、あるいは光導波路で挟んだことを特徴とする。

30 【0023】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。なお、実施の形態を説明するための全図において、同一機能を有するものは同一符号を付け、その繰り返しの説明は省略する。

【0024】【実施の形態1】図2は、高分子分散型液晶素子の構造とその動作原理を示す要部断面図である。同図において、201はネマチック液晶粒、202は高分子層、203は透明電極、204は透明基板、205は駆動電源である。

40 【0025】高分子分散型液晶は、高分子あるいは高分子前駆体と液晶の混合物から、液晶を層分離させて得る方法が一般的である。図2に示す高分子分散型液晶素子は、紫外線硬化接着剤とネマチック液晶を混合したものを、透明電極203が形成された透明基板204に塗布し、紫外線を照射して硬化させることにより作製される。

【0026】この高分子分散型液晶素子では、駆動電源205から電圧が印加されない時には、ネマチック液晶粒201内の液晶分子は、ランダムな方向に向き、高分子層202とネマチック液晶粒201の界面での屈折率

差により光ビームは散乱されるので、入射光は減衰される。しかしながら、駆動電源205から電圧が印加されるにしたがって、ネマチック液晶粒201内の液晶分子は垂直に立つようになり、高分子層202の屈折率に近づくため、入射光は散乱されず透過するようになる。この高分子分散型液晶素子は、電圧を印加することにより、光の透過率を調整できるため、調光ガラスとして市販されており、その寿命も保証されている。

【0027】なお、本明細書中の高分子分散型液晶とは、使用波長帯で透明な高分子中に粒状の液晶が分散されているものをいう。高分子層202を構成する高分子としては、熱可塑性高分子、熱硬化性高分子、光硬化性高分子のいずれでもよいが、光硬化性の高分子が作製上好ましい。

【0028】液晶粒を構成する液晶としては、ネマチック液晶、コレステリック液晶、強誘電性液晶などがあげられるが、配向の変化により屈折率変化の大きいネマチック液晶が望ましい。また、液晶粒の大きさは特に限定するものではないが、効率的な散乱が可能な1乃至10 $\mu$ m程度が適当である。

【0029】図1は、本発明の実施の形態1の可変光減衰器の概略構成を示す分解斜視図である。本実施の形態の可変光減衰器は、透明電極付きコア拡大(TEC)ファイバで高分子分散型液晶層を挟んだ構造の可変光減衰器である。

【0030】同図において、101はコアが拡大されたTECファイバ、102はフェルール先端および側面全体を覆う透明電極、103は高分子分散型液晶層、104はコネクタのスリーブ、105は入力側ファイバ、106はフェルール終端部の金属部分、107はフェルール、108は出力側ファイバ、109は取り出し電極、110は液晶挿入用の穴である。なお、後述するように、高分子分散型液晶層103は、液晶挿入用の穴110から挿入される。

【0031】本実施の形態の可変光減衰器は、次のようにして作成される。まず、TECファイバ101をフェルール107に挿入し先端を研磨する。次に、スパッタ装置内でフェルール107の先端部および側面部全体を覆うように、ITOからなる透明電極102を形成する。このとき、フェルール終端部の金属部106とコンタクトが取れるようにする。

【0032】コネクタのスリーブ104に両端から入力側ファイバ105と出力側ファイバ108とを、両者の間のギャップ長が数 $\mu$ mになるように挿入する。次に、コネクタのスリーブ104上の液晶挿入用の穴110から、紫外線硬化型樹脂に液晶を混合したものを挿入し、紫外線照射によって樹脂を硬化させるとともに液晶を分散させる。さらに、フェルール終端部の金属部分106に取り出し電極109を取り付ける。

【0033】TECファイバ101でカップリングさせ

た場合に、その間隔が数 $\mu$ mから数10 $\mu$ mの場合には、通過減衰量(ロス)はほとんど無視できる。

【0034】本可変光減衰器では、高分子分散型液晶層103は、電圧が印加されない時には完全な散乱体として働き、20dB以上の減衰量(ロス)となる。電圧を印加していくと、高分子分散型液晶層103は透明に近づき、減衰量は約0.5dB程度となる。したがって、入力ファイバ105中の光強度を何らかの方法によって測定し、可変光減衰器にフィードバックすることにより、常にその光出力を一定とすることができる。なお、応答速度は数msecであり、メカニカルな可変アッテネータとほぼ等しい値である。

【0035】このように、本実施の形態では、高分子分散型液晶層103を使用しているため、液晶素子を作成する際の制約が少なく、また、高分子分散型液晶層103をコアが拡大されたTECファイバ101を挟む構造としたので、電圧を印加しない時の通過減衰量を少なくすることができる。

【0036】[実施の形態2] 図3は、本発明の他の実施の形態である可変光減衰器の構成を示す斜視図である。本実施の形態の可変光減衰器は、ファイバアレイに適用されるアレイ構成の可変光減衰器である。

【0037】同図において、301は高分子分散型液晶素子、302、303は光ビームアレイが入出力される光コリメータアレイ、304は入力側ファイバアレイ、305は出力側ファイバアレイである。

【0038】本実施の形態の高分子分散型液晶素子301は、それぞれ透明電極が形成された一对の透明基板間に高分子分散型液晶層が挟み込まれて構成される。

【0039】図4は、本実施の形態の高分子分散型液晶素子301における、一对の透明基板に形成される透明電極パターン例を示す図である。

【0040】同図において、401是一对の透明基板、402はストライプ状の透明電極、403はマトリクス状に配置された四角形状(以下、□状と称す。)の透明電極、404は基板全面に形成された透明電極、406は□状の透明電極403の端面までの引き出し電極、407は薄膜抵抗、408は個々の□状の透明電極403に印加する電圧を調整する薄膜トランジスタである。

【0041】図4(a)に示す透明電極パターンでは、ストライプ状の透明電極402が互いに直交するように形成され、当該ストライプ状の透明電極402をマトリクス駆動することにより、当該ストライプ状の透明電極402が交差する点の高分子分散型液晶層のそれぞれに、独立に電圧を印加することができる。

【0042】図4(b)に示す透明電極パターンでは、各□状の透明電極403からそれぞれ引き出し電極406が基板端面まで引き出されており、各□状の透明電極403にそれぞれ独立に電圧を印加することができる。

【0043】図4(c)に示す透明電極パターンでは、

7

各口状の透明電極403が薄膜抵抗407で直列に接続されており、先端部の口状の透明電極403と終端部の口状の透明電極403とに印加する電圧が決定されると、各口状の透明電極403に印加される電圧は、各薄膜抵抗407の抵抗値によって決定される。

【0044】図4(d)に示す透明電極パターンでは、各口状の透明電極403のそれぞれに薄膜トランジスタ408が形成され、行(あるいは列)方向の薄膜トランジスタ408をオンとし、それに合わせて、列(あるいは行)方向の薄膜トランジスタ408のソース(あるいはドレイン)に電圧を印加することにより、各口状の透明電極403に独立に電圧を印加することができる。

【0045】図4(e)に示す透明電極パターンでは、一方の透明基板401にストライプ状の透明電極402が形成され、各ストライプ状の透明電極402毎に独立に電圧を印加することができる。

【0046】図4(f)に示す透明電極パターンでは、一方の透明基板401にストライプ状の透明電極402が形成され、このストライプ状の透明電極402は薄膜抵抗407で直列に接続される。したがって、先端部のストライプ状の透明電極402と終端部のストライプ状の透明電極402とに印加する電圧が決定されると、各ストライプ状の透明電極402に印加される電圧は、各薄膜抵抗407の抵抗値によって決定される。

【0047】図5は、本実施の形態の光コリメータアレイ(302, 303)の一例の概略構成を示す斜視図である。

【0048】図5(a)は、1次元の光コリメータアレイを示し、501はファイバアレイ、502は等間隔で形成されたV溝アレイを備えるV溝基板、503はマイクロレンズアレイ、504は出力光ビームアレイである。この光コリメータアレイでは、V溝基板502内のV溝に光ファイバを並べ、平面マイクロレンズアレイ503をその先端に取り付け、コリメータアレイ化している。

【0049】また、図5(b)は、2次元の光コリメータアレイを示し、501はファイバアレイ、503はマイクロレンズアレイ、504は出力光ビームアレイ、505はマイクロフェルールを納める枠、506はマイクロフェルール、507は光ファイバである。この光コリメータアレイでは、マイクロフェルール506内に光ファイバ507を挿入し、マイクロフェルール506を2次元状に並べたものに、平面マイクロレンズアレイ503を装着し、2次元コリメータアレイ化している。

【0050】このように、本実施の形態では、レンズアレイ503、あるいはファイバコリメータアレイ(402, 403)を用いるようにしたので、電圧が印加されない時の通過減衰量を少なくすることができる。

【0051】なお、本実施の形態では、ファイバアレイ(304, 305)を用いたが、ガラスまたは高分子の

8

光導波路でも同様の効果がある。

【0052】[実施の形態3] 本実施の形態の可変光減衰器は、TECファイバで構成されるファイバアレイに適用されるアレイ構成の可変光減衰器である。

【0053】図6は、本実施の形態のTECファイバで構成されるファイバアレイに適用されるアレイ構成の可変光減衰器の製造方法を説明するための図である。以下、図6を用いて、本実施の形態の可変光減衰器の製造方法について説明する。

【0054】始めに、図6(a)に示すように、TECファイバ601を用意し、その先端部および側面にスパッタ法により透明電極602を形成する。

【0055】次に、図6(b)に示すように、等間隔で形成されたV溝アレイを備えるV溝基板603を用意し、V溝基板603のV溝に、TECファイバ601を、TECファイバ601の先端部とV溝基板603の端面とが同じ面になるように配列し、接着剤で接着・固定する。

【0056】次に、図6(c)に示すように、V溝基板603のV溝にTECファイバ601が配列、固定されたファイバアレイを2個用意し、当該2個のファイバアレイを、数μmから数十μmのスペーサ604を挟んで対向させ、入力側からの光が出力側にカップリングするように張り合わせる。

【0057】次に、図6(d)に示すように、スペーサ604により形成されるギャップの中に紫外線硬化型樹脂とネマチック液晶を混合したものを充填し、紫外線を照射して硬化させ、高分子分散型液晶層605を形成する。また、ファイバの側面に取り出し電極606を取り付けて、高分子分散型液晶層605に電圧を印加するための電極とする。

【0058】対向する一対のTECファイバ601は、その間隔を開けても少ない減衰量で光のカップリングができるため、本実施の形態の可変光減衰器では、従来の光ファイバを用いる場合よりも、カップリングロスを低くすることができる。また、高分子分散型液晶層605では、配向膜の形成、ラビング処理が不要のためアレイ化が非常に容易である。

【0059】なお、本実施の形態では、TECファイバ601を、V溝基板603のV溝に配列したファイバアレイを用いたが、コアが拡大されたガラスまたは高分子の光導波路でも同様の効果がある。

【0060】[実施の形態4] 本実施の形態の可変光減衰器は、フィルム状の高分子分散型液晶素子を用いたアレイ構成の可変光減衰器である。

【0061】図7は、本実施の形態のフィルム状の高分子分散型液晶素子を用いたアレイ構成の可変光減衰器の製造方法を説明するための図である。以下、図7を用いて、本実施の形態の可変光減衰器の製造方法について説明する。

【0062】まず、図7(a)に示すように、部分的にコアが拡大されたコア拡大部702を備えるTECファイバ701を用意する。

【0063】次に、図7(b)に示すように、等間隔で形成されたV溝アレイを備えるV溝基板703を用意し、当該V溝基板703のV溝に、TECファイバ701を配列する。その際、V溝基板703のほぼ中心位置に、コア拡大部702が位置するように配列し、接着剤で接着・固定する。

【0064】次に、図7(c)に示すように、V溝基板703のV溝に配置、接着されたファイバアレイのコア拡大部702を、ダイシングソー704で切削し、数μmから数十μmの幅の溝(スリット)705を形成する。

【0065】また、予め、図7(d)に示すように、高分子分散型液晶フィルム706を用意し、高分子分散型液晶フィルム706の一方の面の全面に透明電極707、および、他方の面にファイバアレイのピッチと同じピッチのストライプ状の透明電極707を蒸着により形成し、さらに取り出し電極として、フレキシブルケーブル708を取り付け、フィルム状の高分子分散型液晶素子を作成しておく。

【0066】次に、図7(e)に示すように、図7(c)で形成した溝705に、図7(d)で作製したフィルム状の高分子分散型液晶素子を挿入し、フィルム状の高分子分散型液晶素子の透明電極707に、TECファイバ701から出力された光ビームが入射するように調整する。さらに、フィルム状の高分子分散型液晶素子と溝705との空隙にマッチングオイル709を充填する。

【0067】本方法によれば、TECファイバ701の位置合わせの必要もなく、非常に簡単にアレイ構成の可変光減衰器を作成することができる。なお、本実施の形態では、TECファイバ701を、V溝基板703のV溝に配列したファイバアレイを用いたが、コアが拡大されたガラスまたは高分子の光導波路でも同様の効果がある。

【0068】[実施の形態5] 本実施の形態の可変光減衰器は、高分子分散型液晶層に平行方向の電界を印加するようにしたアレイ構成の可変光減衰器である。

【0069】図8は、本実施の形態の高分子分散型液晶層に平行方向の電界を印加するようにしたアレイ構成の可変光減衰器の製造方法を説明するための図である。以下、図8を用いて、本実施の形態の可変光減衰器の製造方法について説明する。

【0070】始めに、図8(a)に示すように、コア拡大部を備えるTECファイバ801のコア拡大部分を切断し、その端面を研磨する。当該TECファイバ801を、等間隔で形成されたV溝アレイを備えるV溝基板802のV溝に配列し、TECファイバ801の先端部と

V溝基板802の側面とが同じ面になるように接着剤で接着・固定する。ここで、図8(a)の右側の側面図に示すように、V溝基板802の側面には対向する一対の電極(803, 804)が形成される。この一対の電極(803, 804)には、電極取り出し用のフレキシブルケーブル805が接続される。

【0071】次に、図8(b)に示すように、図8(a)に示すファイバアレイと対をなす、V溝基板802のV溝にTECファイバ801が配列、固定された別のファイバアレイを用意し、当該2個のファイバアレイを、数μmから数十μmのスペーサ806を挟んで対向させ、入力側からの光が出力側にカップリングするように張り合わせる。

【0072】次に、図8(c)に示すように、スペーサ806により形成されるギャップの中に紫外線硬化型樹脂とネマチック液晶を混合したものを充填し、紫外線を照射して硬化させ、高分子分散型液晶層807を形成する。

【0073】本実施の形態において、一対の電極(803, 804)に電圧を印加すると、図8(c)の右側の上面図に示すように、高分子分散型液晶層807には、高分子分散型液晶層807に平行の電界が印加される。なお、図8(c)の右側の上面図において、808は、一対の電極(803, 804)間に電圧を印加することにより、高分子分散型液晶層807に生成される電気力線を示し、また、809はTECファイバ801から出射された光ビームを示している。

【0074】前記実施の形態1ないし実施の形態4では、高分子分散型液晶層に対して、垂直方向の電界が印加されたのに対し、本実施の形態では、高分子分散型液晶層807に対して、平行方向に印加される。

【0075】高分子分散型液晶では、印加電界の方向に関わらず、電圧が印加されない時に散乱体として動作し、電圧を印加するとともにその透過率が向上する。

【0076】本実施の形態では、TECファイバ801から出射される光ビーム809の直径は高々数10μmであり、この部分の透過率は、TECファイバ801の両側に設けられた一対の電極(803, 804)によって制御可能である。

【0077】なお、前記各実施の形態では、TECファイバ801を、V溝基板802のV溝に配列したファイバアレイを用いたが、コアが拡大されたガラスまたは高分子の光導波路でも同様の効果がある。

【0078】以上、本発明者によってなされた発明を、前記実施の形態に基づき具体的に説明したが、本発明は、前記実施の形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々変更可能であることは勿論である。

【0079】

【発明の効果】 本願において開示される発明のうち代表

的なものによって得られる効果を簡単に説明すれば、下記の通りである。

【0080】(1)本発明によれば、従来の液体の液晶の代わりに、固体である高分子分散型液晶を用いるようにしたので、寿命を長くすることができ、かつ、配向膜の塗布、ラビング処理が必要でなく、高分子分散型液晶層を作成する際の制約を少なくすることが可能である。

【0081】(2)本発明によれば、高分子分散型液晶層を、コアが拡大されたコアとクラッドとからなり光を閉じ込めて伝搬させる部品で挟む構造としたので、電圧が印加された時の最大透過率を高くすることが可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態1の変光減衰器の概略構成を示す分解斜視図である。

【図2】高分子分散型液晶素子の構造とその動作原理を示す要部断面図である。

【図3】本実施の形態2のアレイ構成の変光減衰器の構成を示す斜視図である。

【図4】本実施の形態2の高分子分散型液晶素子における、一对の透明基板に形成される透明電極パターン例を示す図である。

【図5】本実施の形態2のコリメータアレイの一例の概略構成を示す斜視図である。

【図6】本実施の形態3のTECファイバで構成されるファイバアレイに適用されるアレイ構成の変光減衰器の製造方法を説明するための図である。

【図7】本実施の形態4のフィルム状の高分子分散型液

晶素子を用いたアレイ構成の変光減衰器の製造方法を説明するための図である。

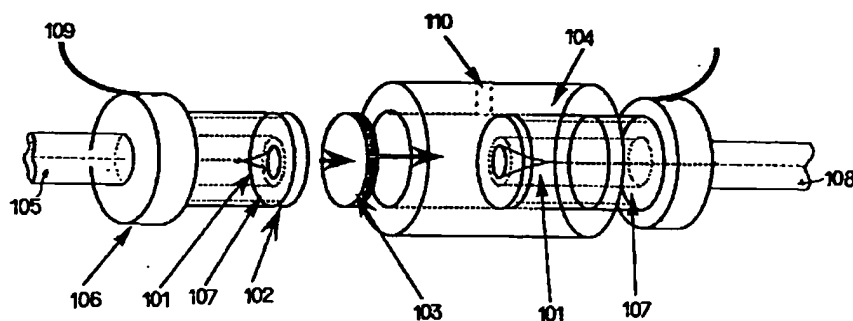
【図8】本実施の形態5の高分子分散型液晶層に平行方向の電界を印加するようにしたアレイ構成の変光減衰器の製造方法を説明するための図である。

【符号の説明】

101, 601, 701, 801…TECファイバ、102, 203, 402, 403, 404, 602, 707…透明電極、103, 605, 807…高分子分散型液晶層、104…コネクタのスリーブ、105, 108, 507…光ファイバ、106…フェルール終端部の金属部分、107…フェルール、109, 606…取り出し電極、110…液晶挿入用の穴、201…ネマチック液晶粒、202…高分子層、204, 401…透明基板、205…駆動電源、301…高分子分散型液晶素子、302, 303…光コリメータアレイ、304, 305, 501…ファイバアレイ、406…引き出し電極、407…薄膜抵抗、408…薄膜トランジスタ、502, 603, 703, 802…V溝基板、503…マイクロレンズアレイ、504…出力光ビームアレイ、505…マイクロフェルールを納める枠、506…マイクロフェルール、604, 806…スペーサ、702…コア拡大部分、704…ダイシングソー、705…溝(スリット)、708, 805…フレキシブルケーブル、706…高分子分散型液晶フィルム、709…マッチングオイル、803, 804…電極、808…電気力線、809…出射光ビーム。

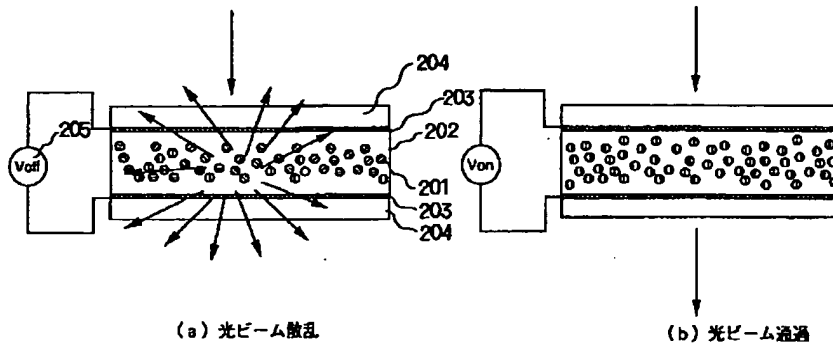
【図1】

図1



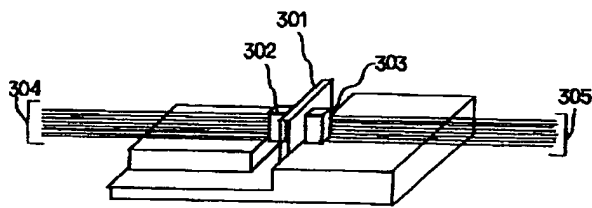
【図2】

図2



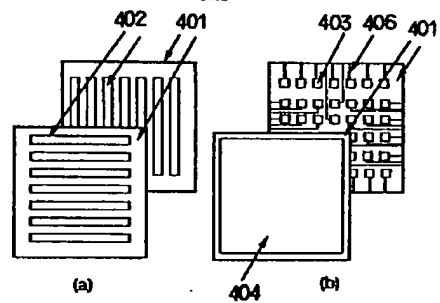
【図3】

図3



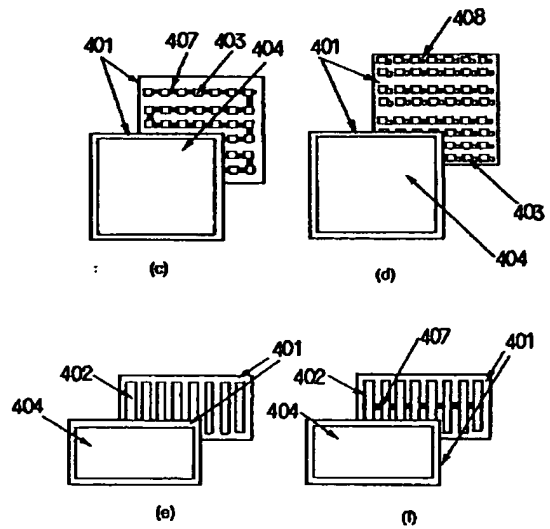
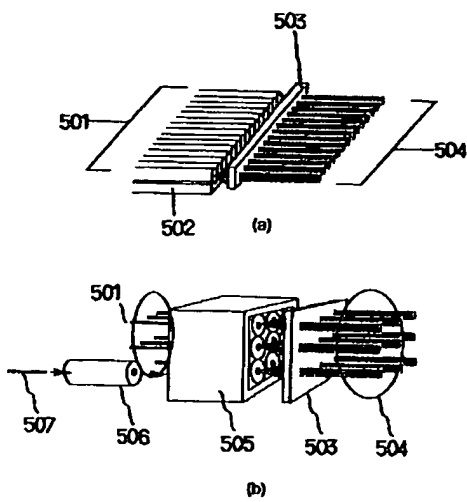
【図4】

図4



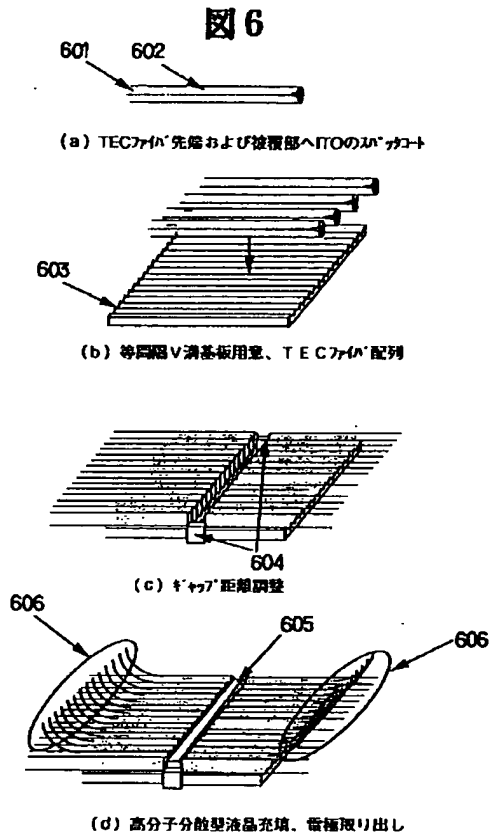
【図5】

図5

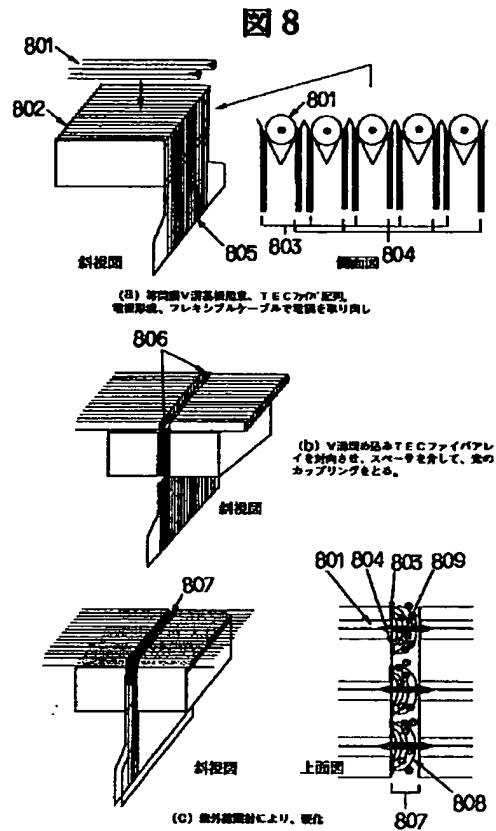




【図6】



【図8】



【図7】

